

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Optimalizace výrobního procesu výroby armatur

The Optimization Process of Production Armatures

Student:

Ing. Jitka Urcová

Vedoucí diplomové práce:

Dr.Ing. Pavel Skalík

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Ing. Jitka Urcová**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2303T002 Strojírenská technologie**
Specializace: **10 Technologický management**
Téma: **Optimalizace výrobního procesu výroby armatur**
The Optimization Process of Production Armatures

Zásady pro vypracování:

- 1) Popis současného výrobního procesu výroby armatur
- 2) Stanovení kapacit výroby armatur
- 3) Rozbor typové výrobní zakázky, včetně sledování rozpracovanosti výroby, technologických a kapacitních kooperací a výsledků meziooperační a výstupní kontroly
- 4) Návrh řešení optimalizace výrobního procesu výroby armatur
- 5) Výběr optimální varianty výrobního procesu výroby armatur
- 6) Celkové zhodnocení přínosu diplomové práce

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty* 1. 3. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- [2] ZELENKA, A., KRÁL, M., VIGNER, M. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vydání. Praha: SNTL Praha, 1984. 592 s.
- [3] ZELENKA, A., KRÁL, M. *Projektování výrobních systémů*. 1. vydání. Praha: ČVUT Praha, 1995. 365 s. ISBN 80-01-01302-2.
- [4] SMETANA, J. *Projektování technologických pracovišť*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
- [5] SLAMKOVÁ, E. a kol. *Přemyslové inženýrství*. 1. vydání. Žilina: Žilinská univerzita, 1997, 198 s.
- [6] KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETA, B., MATUSZEK, J. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. 1. vydání. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 398 s. ISBN 80-7100-553-3.
- [7] SCHINDLEROVÁ, V. *Týmová cvičení předmětu projektování výrobních procesů*. Ostrava: Vysoká škola báňská- Technická univerzita, 2004. 58 s. ISBN 978-80-248-2779-7.

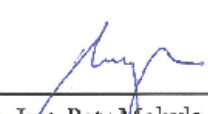
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Pavel Skalík**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015




doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....
podpis

Ing. Jitka Urcová
Květná 235
788 32 Staré Město

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

URCOVÁ, J. *Optimalizace výrobního procesu výroby armatur : diplomová práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní Katedra mechanické technologie, 2015, 69s. Vedoucí práce: Skalík Pavel

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci výrobního procesu výroby armatur. Zabývá se analýzou současného stavu výroby na základě vybraného představitele. Hlavním úkolem této práce je najít řešení pro zkrácení výrobního času a celkové efektivity výroby. V úvodní části práce je popsán současný stav výroby, rozbor a výběr typové výrobní zakázky. Další kapitoly jsou zaměřeny na návrh řešení optimálního výrobního procesu, jeho výhody či nevýhody a časovou náročnost. Na závěr je vybrána optimální varianta řešení.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

URCOVÁ, J. *The Optimization Proces sof Production Armatures : Master Thesis,* Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2015, 69 p. Thesis head: Skalík Pavel

The thesis is focused on the optimization of the production process of the production of valves. It deals with the analysis of the current state of production on the basis of the selected representative. The main task of this work is to find a solution for shortening the production time and overall production efficiency. In the introductory part of the thesis is described the current status of production, analysis and selection of the type of production orders. Other chapters are focused on design solutions for the optimum manufacturing process, its advantages or disadvantages and time consuming. The conclusion is selected in the optimal variant of the solution.

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
0. Úvod	8
1. Popis současného výrobního procesu výroby armatur	9
2. Stanovení kapacity výroby armatur	17
2.1 Roční časový efektivní fond pracoviště	18
2.1.1 Efektivní časový fond dělníka	18
2.1.2 Využitelná kapacita pracoviště	19
3. Rozbor typové výrobní zakázky	20
3.1 Snímek pracovního dne	21
3.1.1 Sestavení snímku pracovního týdne	22
3.1.2 Vyhodnocení snímku pracovního dne	23
3.1.3 Příklad vyhodnocení snímku pracovního dne	23
3.1.4 Příklad vyhodnocení snímku pracovního týdne	25
3.2 Pracnost operace	26
3.3 Technologický postup	27
3.4 Výstupní kontrola	31
4. Návrh řešení optimalizace výrobního procesu výroby armatur	32
4.1 Normativy času	32
4.2 Návrh změny technologického postupu	37
4.1 Změna obráběcích nástrojů	39
5. Výběr optimální varianty výrobního procesu výroby armatur	44
5.1 Rozbor časové úspory	45
5.2 Ekonomické zhodnocení	46
6. Závěr	51
Použitá literatura a zdroje	53

Seznam použitých zkratk

ASTM	Americká společnost pro zkoušení a materiály (American Society for Testing and Materials)
Body	těleso
Bonnet	víko
C	uhlík
Cr	chrom
Cu	měď
ČSN	Česká státní norma
DIN	německá národní norma (Deutsche Industrie-Norm)
Lower plate	spodní víko
Mn	mangan
Mo	molybden
Ni	nikl
r_{ε}	poloměr rohu
Si	křemík
Sn	cín
T_{AC}	čas potřebný pro výrobu jednoho kusu obrobku
T_{Cn}	čas celkový pro opracování po návrhu
T_{Cs}	čas celkový pro opracování v současnosti
Upper plate	horní víko
W	wolfram

0. Úvod

V dnešní době, kdy se stále častěji svádí konkurenční boj o zákazníky, je více než potřebná jakákoli optimalizace, která povede ke zlepšení efektivnosti výroby. Cílem diplomové práce je navrhnout vhodný způsob optimalizace, který by mohl zefektivnit výrobu tak, aby se společnost stala konkurenceschopnou a vyhledávanou na trhu. Optimalizace se vztahuje na malou společnost, která se specializuje na obrábění armatur.

Výroba by měla dbát na produkci kvalitních výrobků, s tímto požadavkem jsou spojeny nároky na co nejmenší výrobní náklady. Kvantita a vysoká produkce by neměla zapříčinit snižování kvality. Optimalizace znamená propojení velké škály různých faktorů v celek a její realizaci dosáhnout maximální efektivity. Je možné ji praktikovat ve výrobním odvětví, ve filosofii společnosti nebo třeba na prostředí trhu. Tato diplomová práce se soustředí na optimalizaci ve výrobě.

Na začátku této práce je přiblížen stávající stav výroby armatur a jejich komponentů. Je zde podrobně popsána technologie haly a strojní vybavení společnosti. Jelikož se jedná o výrobní společnost, je tu také uvedeno co si pod pojmem výrobní proces představit. V následující kapitole je stanovena kapacita vztahující se na pracovníka i pracoviště. Dále je v této práci stanovena typová výrobní zakázka, ke které je stanoven pracovní snímek dne a technologický postup výroby.

Cílem této práce je navrhnout řešení výroby tak, aby byl snížen čas a náklady na obrábění. Po konzultaci s vedením společnosti bude stanoveno optimální řešení, které je možné u podniku aplikovat.

1. Popis současného výrobního procesu výroby armatur

V současnosti se společnost zabývá přesným a kompletním obráběním složitých dílů do maximální hmotnosti 25 tun. Veškerá výroba je prováděna na vysokovýkonných CNC strojích. Know-how společnosti vychází především ze spolupráce s mateřskými společnostmi, které jsou zavedeným producentem odlitků zejména pak hlavních částí armatur a čerpadel, ale i výrobcem armatur pro energetiku, teplárenství, chemický, petrochemický a jaderný průmysl. Společnost je od roku 2014 řízena systémem kvality ISO 9001.

Společnost, i přes krátkou dobu, kterou působí na trhu, má bohaté zkušenosti s obráběním odlitků a výkovků. Specializuje se na obrábění legovaných ocelí, např. ASTM A352 LCC, ASTM A352 LCB, ASTM A217 C5, ASTM A217 WC6, dále obráběním uhlíkatých ocelí, např. ASTM A216 WCC, ASTM A216 WCB. V současnosti se stále častěji setkává s odlitky z nerezavějící oceli s označením ASTM A351 CF8M.

Materiálový list obráběných ocelí:

- Legované oceli

ASTM A352	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Ostatní</i>
LCC	max. 0,25	max. 0,60	max. 1,20	max. 0,50	max. 0,50	max. 0,20	max. 0,30	SiCa 2kg/t
LCB	max. 0,30	max. 0,60	max. 1,00	max. 0,50	max. 0,50	max. 0,20	max. 0,30	SiCa 2kg/t
ASTM A217	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Ostatní</i>
C5	max. 0,20	max. 0,75	4,00 0,70	4,00 6,50	max. 0,50	0,45 0,65	max. 0,50	W<0,10% Cu+Ni+W 1,00%
WC6	max. 0,20	max. 0,60	0,50 0,80	1,00 1,50	max. 0,50	0,45 0,65	max. 0,50	W<0,10% Cu+Ni+W 1,00%

- Uhlíkové oceli

ASTM A216	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Ostatní</i>
WCC	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	Cr+Ni+CU+ Mo+W< 1,0%
	0,25	0,60	1,20	0,50	0,50	0,20	0,50	
WCB	0,20	max.	max.	max.	max.	max.	max.	Sn<0,05%
	0,25	0,60	1,20	0,50	0,50	0,20	0,30	Cr+Ni+CU+ Mo+W< 1,0%

- Nerezové oceli

ASTM A351	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Ostatní</i>
CF8M	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	SiCa 2kg/t
	0,25	0,60	1,20	0,50	0,50	0,20	0,30	

Technologie haly a strojní vybavení společnosti

Výrobní hala je situována do průmyslové části Olomouce. Nachází se v bývalém areálu koncernového podniku Sigma. Nová výrobní hala navazuje na původní zástavbu, kde se v současnosti nachází administrativní budova společnosti, sociální zázemí pracovníků, včetně denní místnosti, šaten a sprch, dále se zde nachází technická místnost a kompresorová stanice. Součástí je také kancelář, která je využívána bezpečnostní agenturou, která zajišťuje ostrahu budovy a celého areálu.

Výrobní hala se svými rozměry 101 x 20,5 m slouží i jako sklad odlitků. Hala je pomyslně rozdělena na dvě části. V jedné části se nachází strojní vybavení a ve druhé části se nachází již zmíněný sklad odlitků. K přemísťování odlitků slouží vysokozdvizný vozík Hyster o nosnosti 5 tun a mostový dvounosníkový jeřáb Krantechnik, který je opatřen dvěma kladkostroji o nosnosti 8 a 25 tun.

Vytápění haly je zajištěno deseti plynovými přímotopy Robur o výkonu 60 kW. Při zkušebním provozu haly byly zjištěny časté výpadky strojů z důvodu jalových výkonů v elektrické síti. Z tohoto důvodu se přistoupilo k instalaci kompenzační jednotky k elektrickým rozvodům.

Obráběcí centrum Trevisan DS900/300C

Jedná se o horizontální obráběcí stroj italské výroby, který se specializuje na obrábění armatur a výkovků do hmotnosti 6 tun. Hlavní předností Trevisanu je integrovaná „U“ hlava, která zajišťuje plnohodnotné soustružení. Pro upínání osových nástrojů (vrtáky, závitníky, frézy, atd.) je stroj vybaven vřetenem, které je schopno se vysunout až 700 mm do obráběné součásti. Velkou výhodou stroje je dvou paletový systém, který umožňuje upnutí dvou odlišných odlitků nebo výkovků armatur. Mezi další výhody lze zařadit automatickou výměnu nástrojů. Tu zajišťuje zásobník, který je schopen upnout 60 ks nástrojů.

Ve společnosti jsou dva stroje tohoto typu. Liší se pouze velikostí zásobníku nástrojů. Jeden stroj má k dispozici zásobník velikosti 60 a druhý 120 pozic.

Parametry

- max. hmotnost obrobku 6 000 kg
- max. průměr obrobku 2 300 mm
- max. výška obrobku 1 250 mm
- max. délka nástroje 800 mm
- rozměr palety 1 400 x 1 400 mm

Trevisan DS600/200C

Obráběcího centrum Trevisan DS 600/200C se specializuje na obrábění odlitků a výkovků armatur. Jde o vysokoproduktivní horizontální obráběcí centrum řízené ve 3 osách. Integrovaná soustružnická hlava je vyvinutá a patentovaná výrobcem.

Koncept obrábění na daném stroji je směřován k univerzálnímu upnutí a obrobení součástí na jednu operaci. Upnutí a výměnu součástí zajišťuje dvou paletový systém, který umožňuje současně obrábět dva odlišné odlitky a výkovky armatur. Velkou výhodou stroje je automatická výměna nástrojů ze zásobníku. Zásobník má kapacitu 120 pozic.

Parametry

- max. hmotnost obrobku 2 600 kg
- max. průměr obrobku 1 200 mm
- max. výška obrobku 800 mm

- max. délka nástroje 700 mm
- rozměr palety 1 400 x 1 400 mm



Obr. 1 Obráběcí centrum Trevisan DS 600/200C [Zdroj: Autor]

Stroje Trevisan jsou napojeny na internetovou síť, přes kterou je možné posílat programy k obrábění jednotlivých dílců. Je také využívána k diagnostice, případně zjišťování závad a poruch přímo výrobcem stroje.

Soustruh SUA 150 NUMERIC

SUA 150 NUMERIC je univerzální hrotový soustruh, který je řízený numericky a je určen především pro hrubovací a dokončovací práce hřídelových i přírubových součástí, vyvrtávání, soustružení kuželů i různých tvarových rotačních ploch. Stroj má vodorovné lože tuhé konstrukce, vodící plochy lože jsou kalené a broušené. Soustruh SUA 150 NUMERIC je stroj s automatickým řízením cyklu, který je vybaven řídicím systémem Heidenhain.

Osa Z (podélný posuv), je proveden servopohonem, přímo na kuličkový šroub, taktéž je to i u osy X (příčného posuvu). Odměřování obou posuvů je provedeno rotačními snímači umístěnými na servomotorech. Stroj je vybaven ručně ovládanou nožovou hlavou a přídatným koníkem k upnutí dlouhých vytáčecích nástrojů. K podepření dlouhých rotačních nástrojů slouží koník, který je schopen vyvinout upínací sílu 7 tun.

Parametry

- max. hmotnost obrobku 8 000 kg
- max. průměr obrobku 1 500 mm
- max. výška obrobku 3 000 mm
- max. délka nástroje 700 mm



Obr. 2 Soustruh SUA 150 NUMERIC [Zdroj: Autor]

Vertikální soustruh VBM 30.32

Soustruh VBM 30.32 je stroj italské výroby a s maximální hmotností obrobku 25 tun je největším strojem ve společnosti. Disponuje tří metrovým hydrostaticky vyvažovaným čtyř čelistovým upínacím stolem. Velkou předností tohoto stroje je vřetenno, které zajišťuje upínání a obrábění osovými nástroji (např. vrtáky, frézy, vytáček a závitové hlavy, atd.). Dále je vybaven 90° vrtací hlavou, kterou lze vrtat, závitovat a frézovat po obvodu pláště. Výměna nástrojů je zajištěna automaticky ze zásobníku. Stroj je řízen systémem Sinumeric.

Parametry

- max. hmotnost obrobku 25 000 kg
- max. průměr obrobku 3 000 mm
- max. výška obrobku 2 000 mm
- hydrostatické vyvažování



Obr. 3 Soustruh VBM 30.32 [Zdroj: Autor]

Výrobní proces

Výrobní proces lze charakterizovat jako souhrn technologických, manipulačních, kontrolních a řídicích činností, jejichž účelem je měnit tvar, rozměry, složení, jakost a spojení výchozích materiálů a polotovarů z hlediska požadovaných technicko ekonomických podmínek vyráběného výrobku. [1]

Vykonává se prostřednictvím výrobních systémů, které je možné obecně pojmut jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně celistvé uskupení materiálů, výrobních, pracovních prostředků a pracovních sil, jež jsou určené pro výrobu daného výrobku.

Nejdůležitějšími faktory technicko organizační úrovně jsou ty, které specializují strukturu, stupeň mechanizace, kooperaci a integraci. Řadí se mezi ně:

- výrobek (konstrukčně technologická koncepce)
- materiál a polotovar
- výrobní stroj, dopravní a kontrolní zařízení
- technologie obrábění
- pracovníci (jejich kvalifikace, odbornost, pracovní prostředí atd.)
- energie
- organizace (časová a prostorová struktura)

Strojírenské výrobní procesy a systémy jsou v podstatě velmi rozsáhlé. Je to náročná tvůrčí činnost, jež vyžaduje vzájemnou spolupráci řady profesionálně specializovaných pracovníků. Pakliže se přistoupí k řešení projektových úkolů, vyžaduje to systémový a komplexní přístup k řešení jednotlivých úkolů. Jedná se především o logické rozdělení celého problému na jednotlivé úlohy, u kterých je nutné respektovat vzájemné vztahy jak ve výrobním procesu, tak i ve vnitřních a vnějších vztazích.

Strojírenský výrobní proces je možné dělit na:

- charakter složek výrobního procesu
- vztah k výrobku
- vztah k výrobnímu programu
- vztah k časovému průběhu výrobního procesu

Podle charakteru složek výrobního procesu lze výrobní proces dělit na:

- technologický proces
- pracovní proces

Technologickým procesem se rozumí souhrn činností (tváření, obrábění, montáž, atd.), které jsou uspořádány v časové návaznosti jednotlivých operací, které postupně mění tvar, rozměry, jakost a probíhají nezávisle na pracovním procesu.

Pracovním procesem se rozumí souhrn činností, které vykonává ve výrobním procesu pracovník za pomoci pracovních prostředků, např. manipulace, atd.

Technologická a pracovní činnost v celku charakterizují strukturu výrobního procesu, která závisí především na druhu a množství výrobků, typu organizace, atd. Struktura technologických a pracovních činností ovlivňuje celkovou pracnost strojírenské výroby. Hlavní zdroj zvýšení produktivity práce, efektivnosti výrobního procesu spočívá zejména ve stanovení optimální struktury jednotlivých technologických a pracovních činností, na zvýšení podílu používání progresivních technologií a zařízení, mechanizaci a automatizaci výrobního procesu. [2]

Podle vztahu k výrobku lze výrobní proces dělit na:

- hlavní výrobní proces
- pomocný výrobní proces

- vedlejší výrobní proces

Hlavní výrobní proces tvoří všechny technologické činnosti, při kterých se mění tvar, rozměry, jakost, atd. materiálu, který je určen k expedici mimo výrobní závod.

Při *pomocném výrobním procesu* se také mění tvar, rozměry, jakost, atd. pracovních předmětů, ovšem tyto předměty nepřechází do hotových výrobků určených k expedici. Jedná se především o výrobu nástrojů, přípravků, zápustek, pomocných šroubů, atd.

Vedlejší nebo také *obslužný výrobní proces* zajišťuje pro závod energie (elektrická, tepelná, tlaková, apod.), dále údržbu strojů, dopravu atd.

Podle vztahu k výrobnímu programu lze výrobní proces dělit na:

- hlavní výrobu
- doplňkovou výrobu
- přidruženou výrobu

Hlavní výrobu tvoří základní výrobní program, na základě kterého je určena specializace podniku. Výrobou se také určuje profil společnosti a kapacita podniku.

Doplňková výroba umožňuje optimální kapacitní využití ploch závodu, zařízení a materiálu.

Přidružená výroba zajišťuje např. ekologickou likvidaci odpadů.

Podle vztahu k časovému průběhu lze výrobní proces dělit na:

- předvýrobní
- výrobní
- povýrobní

Předvýrobní proces zahrnuje všechny činnosti, které předchází vlastní výrobu. Jsou to útvary, které se zabývají problematikou výzkumu a vývoje, konstrukce, technologické přípravy výroby, zabezpečení nástrojů, měřidel, přípravků atd.

Výrobní proces již zahrnuje úsek vlastní výroby až do doby, kdy si výrobek převezme útvar technické kontroly a předáním na sklad.

Povýrobní proces zahrnuje následnou konzervaci, skladování výrobku, balení a končí expedicí.

Schéma výrobního procesu je uvedeno v Příloze 1.

2. Stanovení kapacity výroby armatur

Kapacitou výroby se stanoví maximální hospodárnost výroby určitého výrobku, která se uskutečňuje v rámci dané technologie a organizační úrovni výroby, při stanoveném časovém období a při dodržování podmínek pro výrobu. Kapacitní výpočty se zabývají výrobním programem a výrobním profilem a používají se při:

- stanovení výrobního profilu (pracovníci, stroje a zařízení, suroviny, energie, ale také technologie, organizace a řízení výrobního procesu)
- optimalizaci výrobního procesu
- modelování očekávaného průběhu výroby

Výsledkem kapacitního propočtu je:

- stanovit počet pracovníků
- stanovit počet a druh strojů
- stanovit počet a druh technologických a pracovních míst
- velikost plochy
- potřeby energií
- objem odpadů

2.1 Roční časový efektivní fond pracoviště

2.1.1 Efektivní časový fond dělníka

U časového fondu pracovníka se vychází z celkového počtu kalendářních dní v roce, od kterého se odečítají dny pracovního klidu (soboty, neděle a státem placené svátky) a dny dovolené.

$$E_d = D_r - A - B - C \quad [\text{dnů/rok}] \quad (1)$$

kde: E_d ... efektivní časový fond dělníka

D_r ... počet dnů v roce

A ... dny sobot a nedělí

B ... dny placených svátků

C ... dny dovolené

Výpočet

$$E_d = D_r - A - B - C$$

$$E_d = 365 - 104 - 10 - 20$$

$$E_d = \underline{\underline{231 \text{ den/rok}}}$$

Ve skutečnosti je třeba ještě odečíst průměrný počet dní připadající na pracovní neschopnost dělníka z důvodu nemoci nebo obecných překážek v práci. Na základě zkušeností

$$E_d = D_r - A - B - C - G \quad (2)$$

kde: G ... počet dnů pracovní neschopnosti z důvodu nemoci nebo obecných překážek v práci

Výpočet

$$E_d = D_r - A - B - C - G$$

$$E_d = 365 - 104 - 10 - 20 - 5$$

$$E_d = \underline{\underline{226 \text{ den/rok}}}$$

2.1.2 Využitelná kapacita pracoviště

Při kapacitních výpočtech je třeba zjistit, kolik provozních hodin je možné využít na jednotlivých pracovištích za rok. Pro celkovou kapacitu se jednotlivá pracoviště sečtou. Vychází se ze 7 hodin a 45 minut za směnu, přičemž společnost pracuje ve dvousměnném provozu. Kapacita pracoviště je počítána na základě vzorce:

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 + \frac{z}{100}\right) \quad [\text{hod/rok}] \quad (3)$$

kde: E_{se} ... efektivní kapacita pracoviště za rok
 E_{de} ... efektivní časový fond dělníka
 h ... počet pracovních hodin za směnu
 s ... směnnost pracoviště
 g ... počet vzájemně zaměnitelných pracovišť
 z ... % nevyhnutelných časových ztrát, pohybuje se mezi 5 – 10%

Výpočet využitelné kapacity na stroji SUA150

$$\begin{aligned} E_{se1} &= E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 + \frac{z}{100}\right) \\ E_{se1} &= 226 \cdot 7,75 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) \\ E_{se1} &= 3748,2 \text{ hod} \end{aligned}$$

Výpočet využitelné kapacity na stroji DS900

$$\begin{aligned} E_{se1} &= E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 + \frac{z}{100}\right) \\ E_{se1} &= 226 \cdot 7,75 \cdot 2 \cdot 2 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) \\ E_{se1} &= 7356,3 \text{ hod} \end{aligned}$$

Jelikož společnost disponuje dvěma typově stejnými stroji, je $g = 2$.

3. Rozbor typové výrobní zakázky

Společnost za uplynulý rok 2014 zpracovala 141 zakázek. Jednalo se zpravidla o jednokusovou nebo malosériovou výrobu. V tabulce č. 1 jsou uvedeny opakující se zakázky o celkovém počtu vyšším jak 10 ks/rok.

Tabulka č. 1 Opakující se zakázky v roce 2014

Model	Název	ks/rok	zakázka/rok	Objem zakázky
CS-B6078	Body 12“1500	10	2	225 917 Kč
CS-B4129	Body 6“1500	70	6	719 567 Kč
CS-B4065	Bonnet 10“1500	15	5	275 444 Kč
CS-B3987	Body 6“300	66	6	622 645 Kč
CS-4231	Plug 36“	54	3	3 861 000 Kč
CS-B6027	Bonnet 14“300	15	2	213 946 Kč
CS-3551	Body 24“150	24	2	718 799 Kč
CS-4241	Lower plate 24“150	24	2	212 605 Kč
CS-4242	Upper plate 24“150	24	2	219 056 Kč
CS-B4107	Bonnet 10“600	47	2	433 618 Kč
CS-5094	Lower plate 20“150	10	1	89 164 Kč
CS-5093	Upper plate 20“150	10	1	93 828 Kč

Přestože, jsou v tabulce zakázky, které se opakovaly častěji, jednalo se zpravidla o méně složité díly. Jejich opracování nebylo technologicky náročné, z čehož vyplývá i finanční objem zakázky. Z tohoto důvodu byl vybrán typový představitel, kterým je Plug 36“ (Obr. 4) o hmotnosti 1 594 kg. Jedná se o součást ventilu, tzv. kuželku, jenž slouží k regulaci nebo uzavření průtoku média ventilem. V technologickém postupu je zřejmá časová náročnost a složitost na výrobu. Celkový čas na výrobu jednoho kusu výrobku je $t_{Ac} = 1\,950$ min.



Obr. 4 Vybraný typový představitel Plug 36“ [Zdroj: Autor]

3.1 Snímek pracovního dne

Mezi základní metody časové studie patří snímek pracovního dne. Je zaměřen na rozbor spotřeby pracovního času a zkoumání organizace práce v průběhu celé pracovní směny. Jelikož výroba jednoho kusu výrobku trvá přibližně 3 směny, je snímek pracovního dne rozdělen na směny. Rozborem jedné pracovní směny by se zmapovala pouze určitá část výroby, tudíž by nebylo možné navrhnout optimalizaci výrobního procesu pro kompletní výrobek. Po vyhodnocení pozorovacích listů pracovních směn je stanoven celkový odpracovaný čas, čas organizačních ztrát, čas na osobní potřeby a čas osobních ztrát.

Časová studie je zapotřebí k výpočtům, díky kterým je možné stanovit určité návrhy optimalizace výrobního procesu výroby armatur.

Snímek pracovního týdne

Snímek pracovního dne je metoda zakládající se na nepřetržitém sledování a následném rozboru pracovního dne. V tomto případě jsou nezávazně na sobě sledována všechna pracoviště. Pro sestavení pozorovacích listů je zapotřebí detailní seznámení s pracovištěm, s konkrétními podmínkami pracovního procesu, použitou technologií, organizací pracoviště a v neposlední řadě s pracovníkem, který je jeden z hlavních předmětů pozorování.

3.1.1 Sestavení snímku pracovního týdne

Snímek pracovního týdne byl směřován na typového představitele. Snímek je vypracován na směny. Přičemž sledovaný počet pracovníků na obráběcím centru a horizontálním soustruhu jsou dva, na kontrole a ručním pracovišti je pracovník jeden. Postup sestavení pracovního snímku spočívá v detailním sledování a zaznamenávání činností a jejich délek trvání. Tento postup je dodržován po celou dobu opracování jak na DS 900, tak i na SUA150, dále na kontrolu a ruční pracoviště, kde se obrobek připraví k expedici zákazníkovi.

Každá skupina je složena z činností podle toho, zda se jedná o výrobní čas, čas nutných přestávek nebo čas ztrátový, které lze ještě rozdělit do podskupin.

Čas práce:

- *Jednotkový (T_{A1})* – do této podskupiny spadají časy, které bezprostředně souvisí s vykonáním operace (např. upínání a odepínání obrobku, samokontrola, výměna otupených VBD při obrábění)
- *Dávkový (T_{B1})* – do této podskupiny jsou zahrnuty časy, které jsou nutné k přípravě a zakončení práce na jedné výrobní dávce
- *Směnový (T_{C1})* – v této podskupině jsou zahrnuty časy, které jsou nutné k uspořádání pracoviště na začátku směny a úklidu pracoviště na konci směny nebo tak jako v tomto případě čas na předání směny.

Čas obecně nutných přestávek

- *Čas na oddech (T_{A201})* – čas určený pro odpočinek po namáhavé práci
- *Čas na osobní potřeby (T_{A202})* – čas pro vykonání přirozených potřeb po celý den
- *Čas na oběd (T_{A203})* – čas zahrnuje přestávky na svačinu, oběd

Časy podmíněně nutných přestávek (T_3)

Je to druh časových ztrát, který představuje pracovní nečinnost zapříčiněnou např. poruchou stroje, čekáním na přivolaný jeřáb, apod.

Čas ztrátový

- *Čas osobních ztrát (T_D)* – tvoří ho rezervy ve využití pracovního času, které mohou být způsobeny jak pracovníkem samotným (pozdní příchod na pracoviště, rozhovory s ostatními spolupracovníky, atd.), tak i technicko-organizačními příčinami nebo vyšší mocí.

3.1.2 Vyhodnocení snímku pracovního dne

Pro jednotlivé snímky pracovního dne bylo nutné provést jejich vyhodnocení, které se provádí sečtením časů jednotlivých podskupin. Vždy se sčítají časy se stejnými indexy. Procentuální bilanci skutečné spotřeby času se získá podílem jednotlivé spotřeby času a celkové spotřeby času ve směně. Takto ucelená data názorně ukazují časy činnosti a nečinnosti pracovníků.

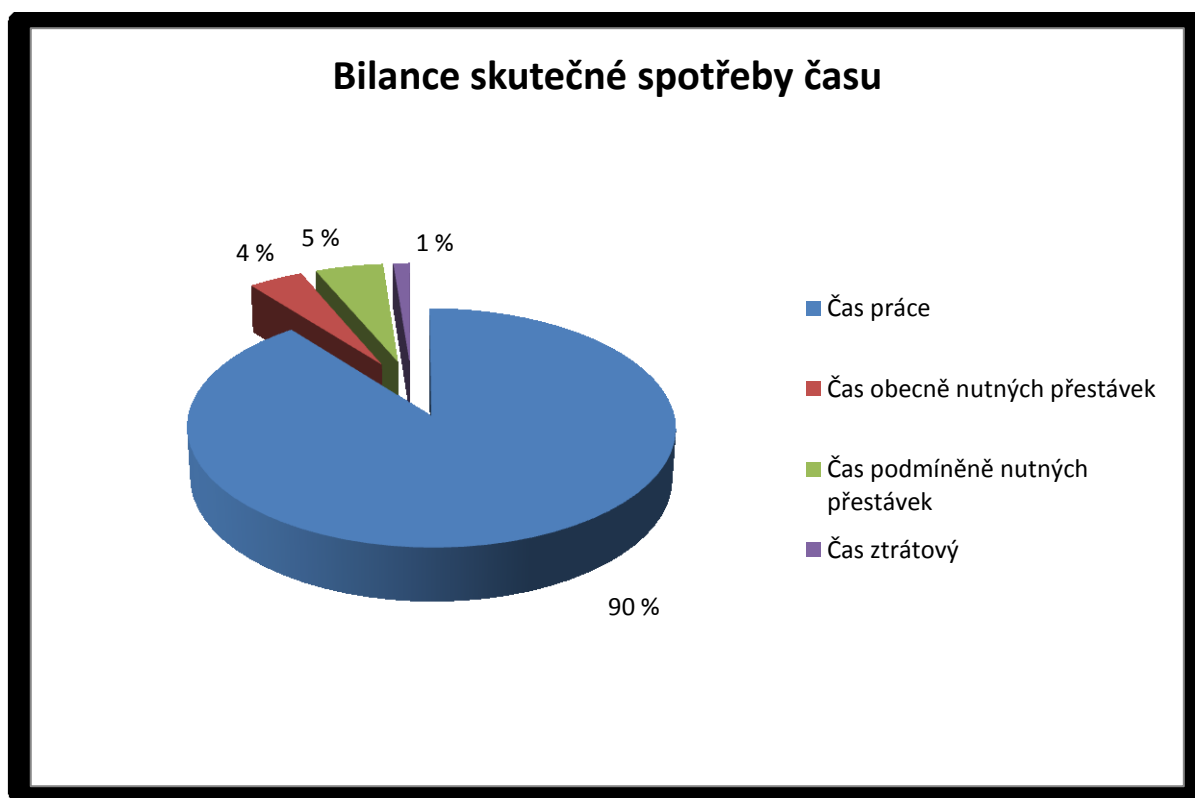
3.1.3 Příklad vyhodnocení snímku pracovního dne

Období, po které byla výroba sledována, trvalo 4,5 pracovní směny, proto jsou snímky rozděleny na dny. Hodnocení bylo prováděno za spolupráce s vedoucím odpolední směny, který zajistil sledování od 16:00 do 22:00 hod.

Tabulka č. 2 Příklad vyhodnocení snímku pracovního dne.

závod		VYHODNOCENÍ snímek pracovního dne	č. listu	2
provoz			č. snímku	2
datum	13.11.2014		provedl	Urcová
den	čtvrtek		vyhodnotil	Urcová
Symbol		Druh času	Bilance skutečné spotřeby času	
			[min]	[%]
T _{A1}	Čas jednotkový	852	87,02	
T _{B1}	Čas dávkový	5	0,51	
T _{C1}	Čas směnový	18	1,84	
T _I	Čas práce	875	89,37	
T ₂₀₁	Čas na oddech	-	-	
T ₂₀₂	Čas na osobní potřeby	12	1,23	
T ₂₀₃	Čas na oběd, svačinu	29	2,96	
T ₂	Čas obecně nutných přestávek	41	4,19	
T ₃	Čas podmíněně nutných přestávek	51	5,21	
T _D	Čas osobních ztrát	12	1,23	
T _Z	Čas ztrátový	12	1,23	
T	Celkový čas směny	979	100	

Průběh činností za celý den je uveden v Příloze 2. Tabulka č. 2 popisuje vyhodnocení skutečného rozvržení času jednotlivých činností z pozorovacího snímku pracovního dne na listu č. 2. Tohoto se docílilo rozdělením pracovních činností do skupin a podskupin, čímž byl rozebrán výrobní proces ve druhém pracovním dni.



Graf č.1 Bilance skutečné spotřeby času

Grafické znázornění jasně ukazuje, že největší část pracovního dne zaujímal čas práce. Této činnosti náleží 87,02% z pracovní doby, což představuje celých 852 minut. Druhou činností, která zaujímá v pracovním dni 51 minut (5,41%), je čas podmíněně nutných přestávek. Jedná se především o čas způsobený čekáním na jeřáb a technicko - organizační přestávkou ovlivněnou čekáním na vykonání penetrační zkoušky.

3.1.4 Příklad vyhodnocení snímku pracovního týdne

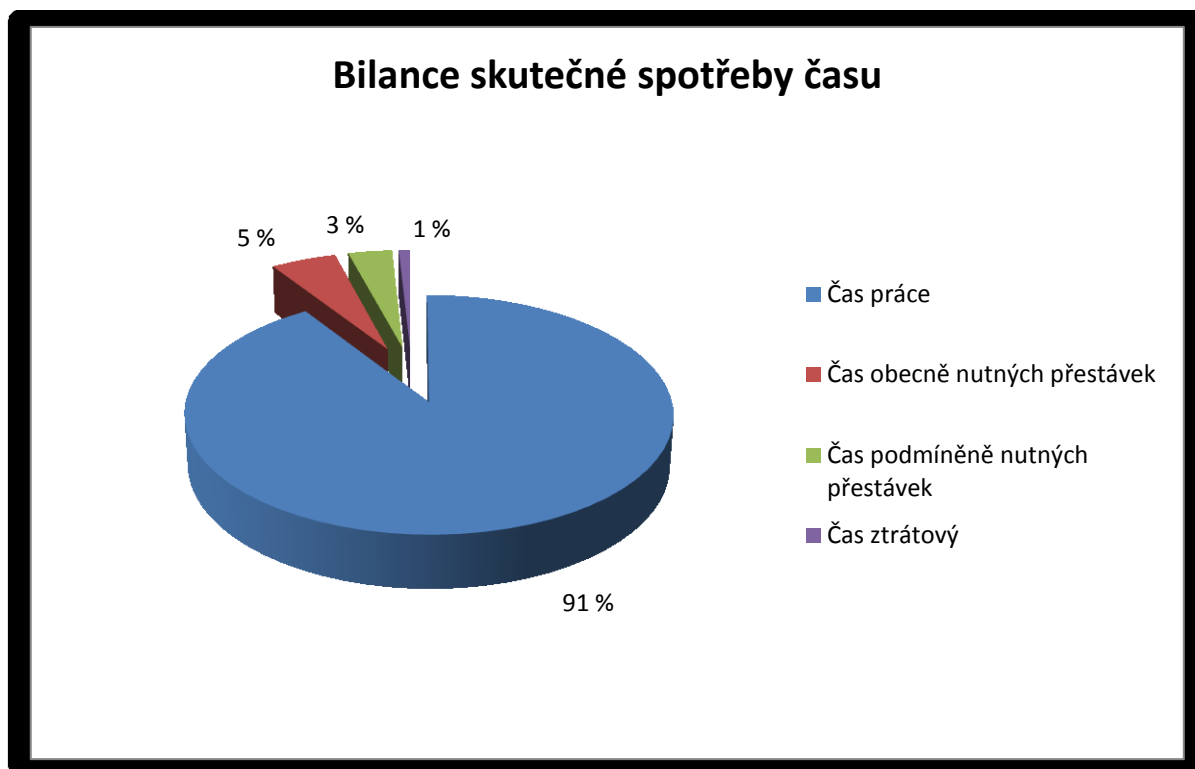
Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1.3., sledovaným obdobím nebyl celý 1 týden, ale dva a půl dne (4,5 pracovní směny). Přesně tak dlouho trvá obrobení jedno kusu Plug 36“. Vyhodnocení snímku pracovního týdne probíhalo stejně jako vyhodnocení snímku pracovního dne. V tomto případě se vycházelo z již vyhotovených tabulek, kde se součtem získaly jednotlivé druhy časů. Pro názornost je zde uvedena Tabulka č. 3.

Tabulka č. 3 Příklad vyhodnocení snímku pracovního týdne

závod		VYHODNOCENÍ snímek pracovního týdne	č. listu	4
provoz			č. snímku	4
datum	19.11.2014		provedl	Urcová
den	středa		vyhodnotil	Urcová
Symbol	Druh času	Bilance skutečné spotřeby času		
		[min]	[%]	
T _{A1}	Čas jednotkový	1 945	87,69	
T _{B1}	Čas dávkový	15	0,68	
T _{C1}	Čas směnový	54	2,43	
T _I	Čas práce	2 014	90,80	
T ₂₀₁	Čas na oddech	-	-	
T ₂₀₂	Čas na osobní potřeby	22	0,99	
T ₂₀₃	Čas na oběd, svačinu	89	4,01	
T ₂	Čas obecně nutných přestávek	111	5,00	
T ₃	Čas podmíněně nutných přestávek	74	3,34	
T _D	Čas osobních ztrát	19	0,86	
T _Z	Čas ztrátový	19	0,86	
T	Celkový čas směny	2 218	100	

Z tabulky č. 3 je zřejmé, že celkový odpracovaný čas, včetně času obecně i podmíněně nutných přestávek a času ztrátového činí 2 218 minut. Jak napoví nejen tabulka č. 3, ale i graf č. 2, většina času byla věnována práci. Tento druh času činí 2 014 minut, což je 90,80% z celkového času na výrobu jedno kusu Plugu 36“. Nejmenší část tvoří ztrátový čas, který zaujímá 0,86% (19 minut). Velký podíl na tomto čase má skutečnost, že výroba je automatizována, tudíž v době automatického chodu stroje, si obsluha (pracovník) může

vykonat osobní potřeby, případně i mít rozhovor se spolupracovníkem. Vše je odvislé od člověka a jeho smyslu pro práci.



Graf č. 2 Bilance skutečné spotřeby času

3.2 Pracnost operace

Na základě stanoveného typového představitele, bylo provedeno měření jednotkové práce na každém pracovišti. Měření bylo prováděno za spolupráce se zaměstnanci společnosti. Náhodně byl vybrán jeden kus typového představitele a na něm byl prováděn průzkum. Následně se pomocí vzorce (4) vypočítala pracnost na jednotlivých pracovištích. Výpočet je uveden v tabulce č. 4.

$$t_i = \frac{t_{Ai}}{60} \quad [\text{hod}] \quad (4)$$

kde t_i ... pracnost operace [normohod]

t_{Ai} ... čas jednotkové práce na i-tém pracovišti [min]

Tabulka č. 4 Pracnost operace

Pracoviště	Výpočet	Pracnost operace [hod]
DS900	$t_1 = \frac{t_{A1}}{60} = \frac{1410}{60}$	23,5
SUA150	$t_2 = \frac{t_{A2}}{60} = \frac{330}{60}$	5,5
Ruční pracoviště	$t_4 = \frac{t_{A4}}{60} = \frac{90}{60}$	1,5
Kontrola	$t_{3,5} = \frac{t_{A3}}{60} + \frac{t_{A4}}{60} = \frac{60}{60} + \frac{60}{60}$	2

Z výpočtu vyplývá, že nejdelší pracnost je na stroji Trevisan DS 900, kde opracování trvá 23,5 hod (1410 min). Je to v zásadě tím, že obráběcí centrum je prioritní při opracování Plugu 36“.

3.3 Technologický postup

Technologický postup je technologická část výrobního postupu, která obsahuje pouze nutný sled technologie pro dané změny na obráběném předmětu. Rozsah a obsah výrobní dokumentace je závislý především na sériovosti a opakovatelnosti výroby, dále také na složitosti obráběných dílů. Výrobní dokumentace obsahuje soubor závazných technických údajů, které jsou potřebné pro zajištění výroby a to nejen z hlediska navrhovaného způsobu obrábění, ale také manipulace, kontroly, atd. Hlavními úkoly, kterými je třeba se držet, jsou např. určení pořadí a počtu technologických, kontrolních a manipulačních etap výroby, dále výběr vhodných nástrojů, přípravků, měřidel a v neposlední řadě výběr strojů a zařízení. Výroba obráběné součásti je rozdělena do operací. Pro tento případ byly zvoleny dvě operace. K tomuto kroku se dospělo z důvodu, že se eliminuje vznik chyby při opětovném upínání. Vždy by mělo být zajištěno, že předepsaná kolmost, rovnoběžnost atd. by měly být obráběny na jedno upnutí, a to právě z důvodu snížení rizika vzniku chybného upnutí.

V případě Plugu 36“ bylo upnutí za neopracovaný povrch pouze jednou, na začátku obrábění na stroji DS 900. Další upínání na SUA150 je již za obrobený povrch.

Technologický postup

Číslo: D-36-RB-001-004-18-00-00

Formát výkresu: A3

Název: Plug 36“ RB 150 LBS

Revize: A

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
10	1410	45136	DS 900	1

Upnout a vyrovnat odlitek na přípravek č. 451363615. Frézovat boční plochy pod úhlem $4,08^\circ$ (hrubování), frézovat obdélník 210×180 mm + zadní plochy na nohách, hrubování na čelní straně $\varnothing 538,06$ a $\varnothing 350$ včetně radiusu, opracování plochy na čisto ($\varnothing 538,06$ a $\varnothing 350$), vrtat $\varnothing 120$ do délky vrtáku, frézovat $\varnothing 120$ do hloubky vzniklé po vrtáku, dovtat $\varnothing 120$ + vrtat $\varnothing 230$, frézovat $\varnothing 120$ + $\varnothing 230$ (hrubování), frézovat boční plochy $4,08^\circ$ na čisto, soustružit $\varnothing 120$ + $\varnothing 230$, soustružit závit M125x4, pomocí zpětného nože zahloubit $\varnothing 250$, frézovat rybinovou drážku pomocí frézy 60° FANYCO

Samokontrola rozměrů

Pomůcky:

ČSN 13 385	Odpich $\varnothing 230$, $\varnothing 250$
DIN 863 T4	Dutinové hmatadlo 100-120 mm
ČSN 25 1234	Posuvné měřidlo 0-1000 mm
ČSN 25 1280	Hloubkoměr 0-500 mm
DIN 862	Posuvné měřidlo 0-600 mm (kalené válečky 10H7)
ČSN 25 1280	Hloubkoměr 0-300 mm
PN 25 1613	Úhloměr
Závitový kalibr M125x4	

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
20	330	34151	SUA 150	1

Upnout do měkkých čelistí za $\varnothing 230^{+0,4}_{+0,2}$, podepřít hrotem. Soustružit $\varnothing 885^{+0}_{+1}$. Srazit hrany.

Samokontrola rozměrů

Pomůcky:

ČSN 25 1234	Posuvné měřidlo 0-1000 mm
-------------	---------------------------

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
30	60	98630	Kontrola - penetrační zkouška	1

PT zkouška na rybinové drážce dle normy ASME B16.34-2009

Pomůcky:

BRE Čistič
BEA Vývojka
BDR Penetrant

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
40	90	94210	Ruční pracoviště	1

Zavařit a obrousit drobné vady. Odhrotovat celé těleso po soustružení a vrtání.

Pomůcky:

CO VarioSynergic 5000 Svářečka
OK MIG Arist 12.50.1,2 Svářecí drát
GDS 070-190VYI Vzduchová bruska
AGP 125-14D Ruční bruska

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
50	60	98630	Kontrola rozměru	1

Konečná kontrola rozměrů tělesa po obrobení.

Pomůcky:

ČSN 13 385 Odpich Ø230, Ø250
DIN 863 T4 Dutinové hmatadlo 100-120 mm
ČSN 25 1234 Posuvné měřidlo 0-1000 mm
ČSN 25 1234 Posuvné měřidlo 0-2000 mm
ČSN 25 1280 Hloubkoměr 0-500 mm
DIN 862 Posuvné měřidlo 0-600 mm (kalené válečky 10H7)
ČSN 25 1280 Hloubkoměr 0-300 mm
PN 25 1613 Úhloměr
Závitový kalibr M125x4

Na základě technologického postupu je sestaven přehled nástrojů (Tabulka č. 5 a Tabulka č. 6) pro stroje Trevisan DS900 a SUA150, které byly použity při obrábění. Také jsou zde uvedeny otáčky, posuv a řezná rychlost, které ukazují, jestli jsou nástroje případně vyměnitelné břitové destičky plně využity, nebo zda je možné jejich následné zefektivnění.

Tabulka č. 5 Přehled nástrojů a jejich parametrů při obrábění na DS900

Nástroj	Označení	Destička	Parametry		
			Posuv	Otáčky	Řezná rychlost
			[mm/min]	[ot/min]	[m/min]
Rovinná fréza Ø100 Walter	F4048.B32.100.Z06.10	SNMX120512-F57 WKP35	1 000	450	141
Rovinná fréza Ø80 Walter	F4048.B27.080.Z05.10		300	450	113
Soustružnický nůž Walter	PCLNL 2525M16	CNMG160612 NM4 WPP20	45	150	140
Vrták Ø60	880-D6000L40-03	Sředová VBD 880-09 06 08H-C-GM Obvodová VBD 880-09 06 W08H-P-GM	25	500	95
Fréza Ø100 Tungaloy	TPA15R100M32.0E07	TOMT150608PDER-MJ	1 000	850	267
Tyč Ø50 Walter	A40T-PCLNR16	CNMG160612 NM4 WPP20	31	166	120
Závitová tyč Walter	S40T-NTS-IR16-44	NTS-IR-22 4.00 ISO WXP 20	900	200	79
Zpětný nůž 25x25	A32T-SDUR07-X	DCMT11T304-PF WPP10	46	153	120
Fréza na rybinovou drážku Fanyco	14139-01	-	240	600	151

Tabulka č. 6 Přehled nástrojů a jejich parametry při obrábění na SUA150

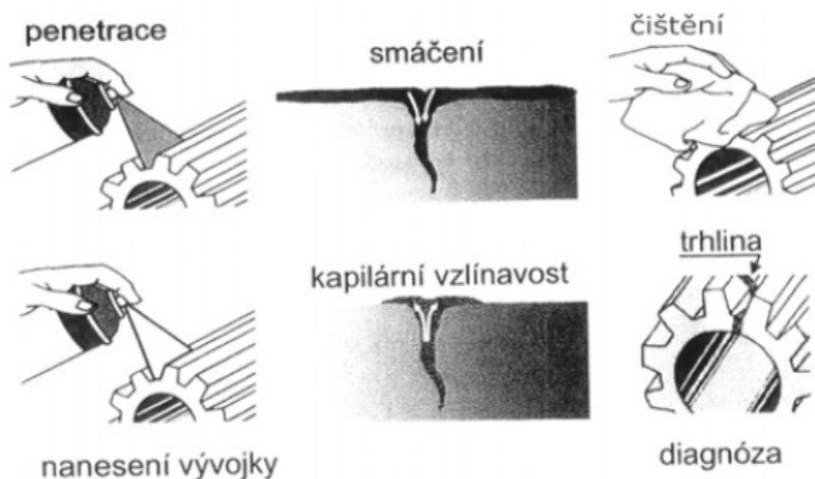
Nástroj	Označení	Destička	Parametry		
			Posuv	Otáčky	Řezná rychlost
			[mm/min]	[ot/min]	[m/min]
Soustružnický nůž Walter	PCLNR 4040P19	CNMG 190616 NM4 WPP20	18	40	111
			14	40	111

3.4 Výstupní kontrola

Výstupní kontrola spočívá především v kontrole rozměrů, drsnosti hrubých lišt, atd. Nedílnou součástí kontroly a to jak mezioperační, tak i výstupní je kapilární defektoskopická zkouška. Kapilární zkouška se vykonává v následujících krocích:

- příprava povrchu
- penetrace
- odstranění přebytečného penetrantu
- nanesení vývojky
- vyhodnocení zkoušky
- konečné očištění povrch

Na povrch testovaného dílce Plug 36“ se štětcem aplikuje penetrant. Doba penetrace nutná k tomu, aby penetrant vnikl do případných vad je 5 až 30 min. Pakliže by se zkoumaly velmi jemné trhliny, doba penetrace je až 3 hod. Teplota okolí by se měla pohybovat v rozmezí 5 až 50°C. Jakmile uplyne stanovená doba, je nutné ihned odstranit přebytek penetrantu, a to z důvodu, že penetrant nesmí na dílci zaschnout. Čištění probíhá průmyslovou utěrkou. V další fázi zkoušky se na zkoušený povrch nastříká vývojka. Jedná se o sprej v aerosolové formě. Pro odlišení vzniklé indikace případné vady má vývojka vždy bílou barvu.



Obr. 5 Postup nedestruktivní kapilární zkoušky [Zdroj: [3]]

Při vyhodnocování zkoušky se kontrola vad provádí hned dvakrát. Nejprve ihned po nastříkání vývojky, čímž se indikují hlubší a větší vady, anebo po 10 až 30 minutách, kdy se zjišťují drobnější vady. Tím, že se používá barevný penetrant a bílá vývojka se zjednodušuje zjišťování vad, jelikož vztlínající se penetrant obarví bílý podklad vývojky, kde se vykreslí viditelné červené obrysy trhlín.

4. Návrh řešení optimalizace výrobního procesu výroby armatur

4.1 Normativy času

Normativy času udávají nejčastěji přímou spotřebu času na přesně vymezenou část operace v závislosti na jednom nebo více činitelích, např. normativ času pro upínání obrobku je zpracován v závislosti na druhu upínače a hmotnosti upínaného obrobku. [4]

Každý normativ času je vztažen k úkolům nebo k určitým pracovním pohybům. Platí pro něj přesně vymezená pracovní náplň, která je dána technickými, technologickými nebo organizačními podmínkami. Norma času je tedy úzce svázána s konkrétními podmínkami výrobního procesu. Pomocí normativů lze poměrně snadno a rychle stanovit normu času. Ovšem vždy je třeba přihlídnout, o jaký druh výroby se jedná.

V této části práce se bude vycházet z pozorovacích listů snímků pracovního dne. Na jejichž základě se vypočítají např. podíl ztrátového času nebo případné zvýšení produktivity práce. Stanoví se zde normální spotřeba času, která obsahuje pouze časy normovatelné - práci jednotkovou, směnovou a přestávky.

Do tabulky jsou zapsány normovatelné hodiny za celý den, tzn. za dvě pracovní směny. Pro lepší orientaci při výpočtech je použita tabulka č. 3, která je rozšířena o normální spotřebu času.

Jednotlivé ukazatele se vypočítají dle následujících vzorců:

- součinitel zaměstnanosti

Lze jej také chápat jako součinitel využití času směny, který je využit prací a přestávkami

$$U_1 = \frac{T'_1 + T'_2}{T_s} \cdot 100 = \frac{T_A + T_B + T_C + T'_2}{T_s} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5)$$

kde:

T_A ... práce jednotková [min]

T_B ... práce dávková [min]

T_C ... práce směnová [min]

T_s ... čas směny [min]

- podíl ztrátového času

$$U_2 = \frac{T_D + T_E + (T'_2 - T_2)}{T_S} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

kde:

T_D ... osobní ztráty dělníka [min]

T_E ... ztráty technicko-organizační [min]

T'_2 ... přestávky [min]

T_2 ... normativ času obecně nutných přestávek [min]

T_S ... čas směny [min]

- podíl zbytečné spotřeby času zaviněné pracovníkem

$$U_3 = \frac{T_D + (T'_2 - T_2)}{T_S} \cdot 100 \quad [\%] \quad (7)$$

kde:

T_D ... osobní ztráty dělníka [min]

T'_2 ... přestávky [min]

T_2 ... normativ času obecně nutných přestávek [min]

T_S ... čas směny [min]

- podíl zbytečné spotřeby způsobené technickými a organizačními nedostatky

$$U_4 = U_2 - U_3 = \frac{T_E}{T_S} \cdot 100 \quad [\%] \quad (8)$$

kde:

T_E ... ztráty technicko-organizační [min]

T_S ... čas směny [min]

- možné zvýšení produktivity práce odstraněním ztrát zaviněných pracovníkem

$$k_{p1} = \frac{T_D + (T'_2 - T_2)}{T_S - T_D - T_E - (T'_2 - T_2)} \cdot 100 \quad [\%] \quad (9)$$

kde:

T_D ... osobní ztráty dělníka [min]

T_E ... ztráty technicko-organizační [min]

T'_2 ... přestávky [min]

T_2 ... normativ času obecně nutných přestávek [min]

T_S ... čas směny [min]

- možné zvýšení produktivity práce odstraněním času podmíněně nutných přestávek

$$k_{p2} = \frac{T_E}{T_S - T_D - T_E - (T'_2 - T_2)} \cdot 100 \quad [\%] \quad (10)$$

kde:

T_D ... osobní ztráty dělníka [min]

T_E ... ztráty technicko-organizační [min]

T'_2 ... přestávky [min]

T_2 ... normativ času obecně nutných přestávek [min]

T_S ... čas směny [min]

- celkové procento možného zvýšení produktivity práce

$$k_p = k_{p1} + k_{p2} \quad [\%] \quad (11)$$

Tabulka č. 7 Vyhodnocení snímku pracovního týdne

závod		VYHODNOCENÍ snímek pracovního týdne		č. listu	4
provoz				č. snímku	1
datum	19.11.2014			provedl	Urcová
den	středa			vyhodnotil	Urcová
Symbol	Druh práce	Skutečná spotřeba		Normální spotřeba	
		[min]	[%]	[min]	[%]
T _{A1}	Čas jednotkový	1 945	87,69	2 093	89,91
T _{B1}	Čas dávkový	15	0,68	-	-
T _{C1}	Čas směnový	54	2,43	115	4,94
T₁	Čas práce	2 014	90,80	2 208	94,85
T ₂₀₁	Čas na oddech	-	-	-	-
T ₂₀₂	Čas na osobní potřeby	22	0,99	-	-
T ₂₀₃	Čas na oběd, svačinu	89	4,01	120	5,15
T₂	Čas obecně nutných přestávek	111	5,00	-	-
T₃	Čas podmíněně nutných přestávek	74	3,34	-	-
T _D	Čas osobních ztrát	19	0,86	-	-
T_Z	Čas ztrátový	19	0,86	-	-
T	Celkový čas směny	2 218	100	2 328	100

Tabulka č. 7 znázorňuje rozdíl mezi spotřebou skutečnou a spotřebou normální. Normální spotřeba počítá s časem jednotkovým, který představuje čas, jež by pracovník měl trávit obráběním. Přičemž čas směnový, je čas, který je ponechám pracovníkovi na zapnutí a vypnutí stroje (10 min), předání a přebrání směny (15 min) a na konci dne na úklid stroje (30 min). Obě tyto podskupiny tvoří čas práce. Pakliže se přihlédne k přestávkám, má pracovník pevně stanovenou jednu 30 min. přestávku. Činnosti jako je osobní potřeba nebo příprava občerstvení (káva, čaj), může pracovník vykonat v době plného chodu stroje. V mnoha případech, je-li stroj v odebírání třísky, trvá to i několik desítek minut. Pracovník, pakliže si je jist, že se v době jeho krátkodobé nepřítomnosti se strojem nic nestane, může opustit stanoviště.

Tabulka č. 8 Stanovení velikosti ukazatele

závod		VYHODNOCENÍ snímek pracovního týdne	č. listu	4
provoz			č. snímku	1
datum	19.11.2014		provedl	Urcová
den	středa		vyhodnotil	Urcová
Označení	Název ukazatele		Výsledek v %	
U ₁	Využití času směny prací a přestávkami		95,80	
U ₂	Podíl ztrátového času		5,86	
U ₃	Podíl zbytečné spotřeby času zaviněné pracovníkem		4,19	
U ₄	Podíl zbytečné spotřeby způsobené technickými a organizačními nedostatky		3,34	
k _{p1}	Možné zvýšení produktivity práce odstraněním ztrát zaviněných pracovníkem		6,45	
k _{p1}	Možné zvýšení produktivity práce odstraněním času podmíněně nutných přestávek		3,67	
k _p	Celkové procento možného zvýšení produktivity práce		10,12	

Ze stanovených ukazatelů, které vycházely z pozorovacího snímku pracovního týdne je zřejmé, že využití času směny práce včetně přestávek činí 95,80 %. Na druhou stranu je zde uvedeno celkové procento možného zvýšení produktivity práce, jehož hodnota je 10,12 %. Pakliže se přihlédne na veškeré dění, které s obráběním jednoho kusu obrobku souvisí, navrhne se varianta optimalizace výrobního procesu.

Na základě zjištěných slabých míst výroby je navrženo řešení, které spočívá v úpravě technologického postupu, změny obráběcích nástrojů, čímž se sníží celkové obráběcí časy a tedy dojde i k určitému zvýšení počtu obráběných kusů.

Návrhy optimalizace výrobního procesu:

- zlepšení produktivity práce
- změna technologického postupu
- změna obráběcích nástrojů

4.2 Návrh změny technologického postupu

Při návrhu technologického postupu je třeba zvážit, jak složitá výrobní součást bude obráběna. Od technologických možností se poté odvíjí i samotný návrh technologie, popis operací, sled operací, případně jejich sloučení nebo naopak rozdělení na více strojů. U každého návrhu je zapotřebí i zvážit, jaký druh stroje bude opracování zajišťovat. V případě Plugu 36“ je volba zcela jasná. S přihlédnutím na složitost obrábění, celkovou délku a hmotnost odlitku je nutné použít stejné strojní vybavení jako doposud, tzn. obráběcí centrum Trevisan DS900 a horizontální soustruh SUA 150. Jelikož se daná součást nedá na přípravek upnout jinak než uchycením za vnitřní část, je nutné jednotlivé operace seřadit tak, jak jsou uvedeny v technologickém postupu.

Návrh změny technologického postupu je nejsnadnější cesta k dosažení cíle. Připustí-li se fakt, že do takové změny je zapotřebí investovat, výsledek by měl být schopen ovlivnit další ekonomický vývoj zakázky.

Technologický postup

Číslo: D-36-RB-001-004-18-00-00

Formát výkresu: A3

Název: Plug 36“ RB 150 LBS

Revize: A

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
10	1025	45136	DS 900	1

Upnout a vyrovnat odlitek na přípravek č. 451363615. Frézovat boční plochy pod úhlem $4,08^\circ$ (hrubování), frézovat obdélník 210x180 mm + zadní plochy na stojnách, hrubování na čelní straně $\varnothing 538,06$ mm a $\varnothing 350$ mm včetně radiusu, opracování plochy na čisto ($\varnothing 538,06$ mm a $\varnothing 350$ mm), vrtat $\varnothing 120$ mm + vrtat $\varnothing 230$ mm, frézovat $\varnothing 120$ mm + $\varnothing 230$ mm (hrubování), frézovat boční plochy $4,08^\circ$ na čisto, soustružit $\varnothing 120$ mm + $\varnothing 230$ mm na čisto, soustružit závit M125x4, pomocí zpětného nože zahлубit $\varnothing 250$ mm, frézovat rybinovou drážku pomocí frézy 60° FANYCO
Samokontrola rozměrů

Pomůcky:

ČSN 13 385	Odpich $\varnothing 230$, $\varnothing 250$
DIN 863 T4	Dutinové hmatadlo 100-120 mm
ČSN 25 1234	Posuvné měřidlo 0-1000 mm
ČSN 25 1280	Hloubkoměr 0-500 mm
DIN 862	Posuvné měřidlo 0-600 mm (kalené válečky 10H7)
ČSN 25 1280	Hloubkoměr 0-300 mm
PN 25 1613	Úhloměr
Závitový kalibr M125x4	

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
20	245	34151	SUA 150	1

Upnout do měkkých čelistí za Ø230 mm, podepřít hrotem. Soustružit $\text{Ø}885^{+0}_{+1}$ mm. Srazit hrany.

Samokontrola rozměrů

Pomůcky:

ČSN 25 1234 Posuvné měřidlo 0-1000 mm

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
30	60	98630	Kontrola - penetrační zkouška	1

PT zkouška na rybinové drážce dle normy ASME B16.34-2009

Pomůcky:

BRE Čistič
BEA Vývojka
BDR Penetrant

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
40	90	94210	Ruční pracoviště	1

Zavařit a obrousit drobné vady. Odhrotovat celé těleso po soustružení a vrtání.

Pomůcky:

CO VarioSynergic 5000 Svářečka
OK MIG Arist 12.50.1,2 Svářecí drát
GDS 070-190VYI Vzduchová bruska
AGP 125-14D Ruční bruska

Číslo operace	Čas t_{AC} [min]	Číslo pracoviště	Název pracoviště	Obsluha
50	60	98630	Kontrola rozměru	1

Konečná kontrola rozměrů tělesa po obrobení.

Pomůcky:

ČSN 13 385	Odpich Ø230, Ø250
DIN 863 T4	Dutinové hmatadlo 100-120 mm
ČSN 25 1234	Posuvné měřidlo 0-1000 mm
ČSN 25 1234	Posuvné měřidlo 0-2000 mm
ČSN 25 1280	Hloubkoměr 0-500 mm
DIN 862	Posuvné měřidlo 0-600 mm (kalené válečky 10H7)
ČSN 25 1280	Hloubkoměr 0-300 mm
PN 25 1613	Úhloměr
Závitový kalibr M125x4	

Technologický postup se od současného liší pouze ve sloučení vrtání a frézování díry Ø120 mm. V současnosti se při vrtání používá vrták, který není schopen provrtat průchozí díru najednou. Je nutné použít frézu, která zvětší průměr díry tak, aby mohl vrták dokončit vyvrtání průchozí díry na základě zajetí do otvoru i svojí nečinnou částí.

Z návrhu technologického postupu, který je v podstatě stejný jako dosud uplatňovaný, vzešel návrh na osazení stroje novými nástroji, které zefektivní výrobu Plugu 36“.

4.1 Změna obráběcích nástrojů

Jak již kapitola 4.2 naznačila, je zde uveden návrh nových obráběcích nástrojů. Pro zajištění efektivního návrhu byli přizváni i obchodní zástupci dodavatelských firem zabývajících se obráběním. Na základě jejich zkušeností a možností byly nabídnuty varianty zlepšení. Zástupce společnosti Walter navrhl změnu vyměnitelné břitové destičky, jelikož nedisponují frézami, které by výrazně zefektivnily výrobu. Po důkladné konzultaci a prostudování výkresů se dospělo k názoru, že optimalizace by ve výsledku dosahovala pouze 10% procent z celkového času obrábění. Na základě tohoto zjištění byla tato varianta zavrhnuta. Dalším návrhem byla fréza společnosti Sandvik. Jelikož se jedná o turbo frézu, výrobní společnost se tímto návrhem začala zabývat důkladněji. Posledním návrhem byla společnost Seco Tools, kterou však společnost zamítla již na začátku výběru, jelikož s ní má negativní zkušenosti jak po stránce dodavatelské, tak i po stránce cenové.

Turbo fréza společnosti Sandvik se v mnoha ohledech stala volbou pro optimalizaci výrobního procesu výroby armatur. Na začátek bylo třeba provést důkladný rozbor frézovacích ploch a tvarů. Obrobitelnost povrchu obrobku může být ztížena vzhledem k přítomnosti kůry po lití. Speciální nástrojové vybavení případně zvláštní techniky obrábění se zvažují v případě špatné tuhosti, které mohou být zapříčiněny tenkostěnnými partiiemi nebo slabým upnutím. Na základě obráběného materiálu a jeho obrobitelnosti je možné stanovit optimální řezné podmínky. Jelikož obrábění na CNC obráběcím centru je 3-osé, je zde možné použít jako čelní, tak i frézování do rohu.

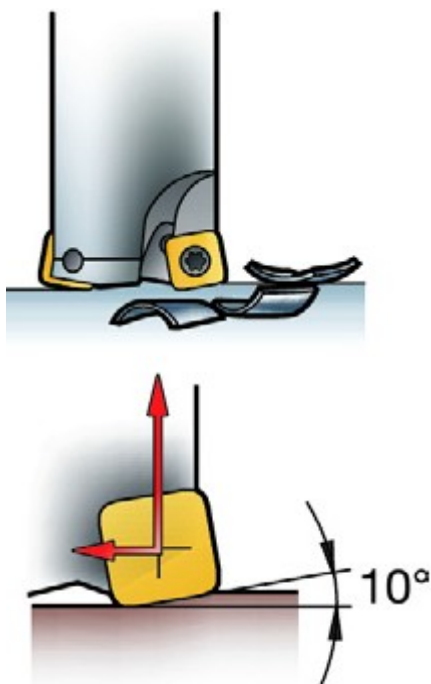
Pro optimalizaci byla vybrána čelní fréza s úhlem nastavení 10° (viz. Obr. 6). Jedná se o nástroj, který je dobře přizpůsobený pro použití technik čelního frézování s vysokou rychlostí posuvu. Tato fréza má širší použití. Lze i používat jako ponornou frézu, případně lze použít pro šikmé zahlubování.



Obr. 6 Fréza CoroMill 210

[Zdroj: Katalog rotačních nástrojů společnosti Sandvik]

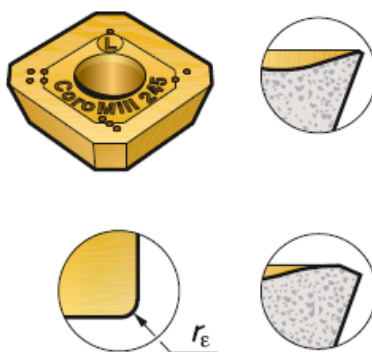
Fréza má specifický úhel nastavení, který byl pro optimalizaci zásadní. Úhlem nastavení se rozumí úhel mezi hlavním ostřím břitové destičky a povrchem obrobku. Na zmíněném úhlu závisí spousta parametrů, např. tloušťka třísky, velikost řezné síly, ale třeba i životnost nástroje. Čelní fréza disponuje úhlem 10° . Tento nástroj je vhodný pro vysoké rychlosti posuvu. Malá tloušťka vznikající třísky umožňuje při malých hloubkách řezu použití velmi vysokých hodnot posuvu na zub. Axiální řezná síla převážně směřuje proti vřetenu, čímž ho stabilizuje. Toto má v důsledku příznivé dopady na dlouhé a málo tuhé nástrojové sestavy, protože dochází k potlačení vibrací. Je také vhodná pro efektivní výrobu děr, jelikož umožňuje využití tří os.



Obr. 7 Úhel nastavení

[Zdroj: Katalog rotačních nástrojů společnosti Sandvik]

V případě, že jsou nedostatky v obráběcím nástroji, upínací nástrojů, stroje, obrobku nebo upínače přípravku, dochází k vibracím. Aby se jim předešlo, je nutné pro každou operaci zvolit nejmenší možný průměr frézy, který by měl být o 20-50% větší než šířka záběru. Upínač nástroje umožňuje při zachování stability a nízké úrovně házení vytvořit nástrojovou sestavu jakékoli délky. Pro správné použití je třeba používat tak tuhou a krátkou nástrojovou sestavu jak jen to je možné. U vyměnitelné břitové destičky je zapotřebí snížit velikost řezných sil na minimum a to tak, že se použije ostrý břit, který má tenký povlak nebo se použije břitová destička s malým poměrem rohu a malým paralelním závitem.



Obr. 8 Vyměnitelná břitová destička s vyobrazeným poloměrem rohu

[Zdroj: Katalog rotačních nástrojů společnosti Sandvik]

Na základě upraveného technologického postupu jsou aktualizovány parametry, které jsou uvedeny v tabulce č. 9, která se vztahuje na optimalizaci nástrojů na stroji Trevisan DS900. Následující tabulka č. 10 je zaměřena na změnu soustružnického nože používaného na soustruhu SUA150.

Tabulka č. 9 Přehled navržených nástrojů a jejich parametrů při obrábění na DS900

Nástroj	Označení	Destička	Parametry		
			Posuv	Otáčky	Řezná rychlost
			[mm/min]	[ot/min]	[m/min]
Turbo fréza Ø100 Sandvik	R210-100Q32-14M	R210-140514E-PM1030	4 500	635	200
Turbo fréza Ø86 Sandvik	R210-086C8-14H		2 000	600	188
Soustružnický nůž Walter	PCLNL 2525M16	CNMG160612 NM4 WPP20	45	150	140
Vrták Ø58	880-D5800L50-04	Středová VBD 880-09 06 08H-C-GM Obvodová VBD 880-09 06 W08H-P-GM	35	550	100
Fréza Ø100 Tungaloy	TPA15R100M32.0E07	TOMT150608PDER-MJ	1 000	850	267
Tyč Ø50 Walter	A40T-PCLNR16	CNMG160612 NM4 WPP20	31	166	120
Závitová tyč Walter	S40T-NTS-IR16-44	NTS-IR-22 4.00 ISO WXP 20	900	200	79
Zpětný nůž Ø25	A32T-SDUR07-X	DCMT11T304-PF WPP10	46	153	120
Fréza na rybinovou drážku Ø80 Fanyco	14139-01	-	240	600	151

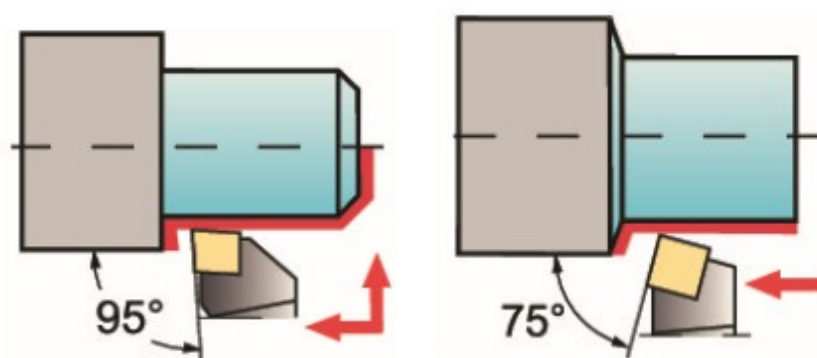
Jak již bylo na začátku této kapitoly zmíněno, došlo ke změně nástrojů. Nahradila se fréza Ø100 mm od společnosti Walter za turbo frézu společnosti Sandvik, která svými parametry urychlí výrobu až o několik desítek minut. Současně se vyměnila i fréza Ø86 mm (Walter), také za turbo frézu (Sandvik), která vyniká stejnými parametry. Poslední změna je ve vrtáku. Původně se pracovalo s vrtákem Ø60 mm společnosti Sandvik. Nahradil ho vrták menšího průměru (Ø58 mm) stejné společnosti. Důvodem této změny byla skutečnost, že bylo nutné nejdříve vyvrtat díru do hloubky činné části vrtáku, následně frézou rozšířit průměr tak, aby byl vrták včetně nečinné části schopen dovtat zbytek díry. Rozdíl mezi původním a navrženým vrtákem je zjevný a to v délce činné části. Původní vrták měl činnou část 180 mm, jež nestačila k vyvrtání díry o hloubce 206 mm.

Bylo zapotřebí dvou výměn nástroje. Navržený vrták má činnou část 232 mm. Tudíž dojde k úspoře času a díru bude možné vyvrtat najednou.

Tabulka č. 10 Přehled navržených nástrojů a jejich parametrů při obrábění na SUA150

Nástroj	Označení	Destička	Parametry		
			Posuv	Otáčky	Rezná rychlost
			[mm/min]	[ot/min]	[m/min]
Soustružnický nůž Walter	PSBNR 4040S19	CNMG 190616 NM4 WPP20	26	43	119
			15	43	119

Stejně jako na obráběcím centru, byla navržena i na soustruhu změna obráběcího nářadí, která spočívá ve změně soustružnického nože. Způsob obrábění je uveden na obr. 9. Výhodou tohoto nože je, že využívá vedlejší břit destičky, který vykazuje vysokou stabilitu při obrábění přerušovaného řezu. Tento nůž využívá vyměnitelné břitové destičky z předešlých operací, případně i z jiných obráběcích strojů, kde je tato destička běžně využívána. Jelikož se při normálním opracování na nožích PCLN opotřebí pouze dva břity, za použití destičky CNMM (čtyři břity v případě použití destičky CNMG), je navrženo řešení, které využije i zbytek destičky. Posuvy uvedené v tabulce se vztahují k odebrání dvou třísek (posuv 26 mm/min) a jedné třísky u posuvu 15 mm/min. V případě tohoto řešení dojde nejen k úspoře časové, ale také finanční



a) původní způsob odebírání třísky
soustružnickým nožem

b) navržený způsob odebírání třísky
soustružnickým nožem

Obr. 9 Rozdíl mezi původním způsobem obrábění a navrženým způsobem obrábění

[Zdroj: Souhrnný katalog Walter]

5. Výběr optimální varianty výrobního procesu výroby armatur

K optimalizaci výrobního procesu výroby armatur bylo využito varianty, jež spočívala ve výpočtu ukazatelů, které měly nastínit procentuální zvýšení produktivity práce ve výrobě. Výpočtem se zjistilo, že produktivitu práce je možné zvýšit o 10,12%. Na základě tohoto zjištění se dospělo k úpravě technologického postupu. Změna spočívala v nákupu dvou nových fréz, které dle parametrů urychlí výrobu. Dále nákup vrtáku, díky kterému se zkrátí čas vrtání díry a poslední změnou je pořízení nového soustružnického nože, který umožní opotřebovat již opotřebenou vyměnitelnou břitovou destičku. Pro jednodušší orientaci v časových úsporách jednotlivých operací je uvedena tabulka č. 11, která ukazuje pracnost operace na jednotlivých pracovištích. Lze ji porovnat s tabulkou č. 4.

Tabulka č. 11 Nová pracnost operace

Pracoviště	Výpočet	Pracnost operace [hod]
DS900	$t_1 = \frac{t_{A1}}{60} = \frac{1025}{60}$	17,1
SUA150	$t_2 = \frac{t_{A2}}{60} = \frac{245}{60}$	4,1
Ruční pracoviště	$t_4 = \frac{t_{A4}}{60} = \frac{90}{60}$	1,5
Kontrola	$t_{3,5} = \frac{t_{A3}}{60} + \frac{t_{A4}}{60} = \frac{60}{60} + \frac{60}{60}$	2

Časová úspora je zde výrazná. Nejen, že se zrychlily určité pasáže opracování odlitku, ale také se u obráběcího centra DS900 dospělo ke sloučení dvou výměn nástroje. Jedná se především o vrták, kterým se vrtala díra o průměru 120 mm a frézu. Ke sloučení došlo hlavně proto, že při stávající technologii obrábění bylo nutné vyvrtat díru pouze na délku vrtáku, který byl krátký na to, aby mohl vrtat díru skrz, poté se musel průměr díry zvětšit pomocí frézy, díky které se zajistilo, že vrták včetně své nečinné části mohl zbývající část provrtat.

Navržené změny slouží k tomu, že celková časová úspora činí 385 min. u obráběcího centra DS900 a 85 min. u soustruhu SUA150. Pro názornost je zde uveden rozbor časové úspory.

5.1 Rozbor časové úspory:

Rozbor časové úspory je hlavním srovnávacím měřítkem mezi navrhovaným způsobem výroby a současně praktikovaným způsobem. Uvedený přehled ukazuje, kolik bylo potřeba minut na opracování jednotlivými nástroji před a po návrhu optimalizace.

	označení	v současnosti [min]	po návrhu [min]	úspora [min]
Vrták Ø60	880-D6000L40-03	16		8
Vrták Ø58	880-D5800L50-04		8	
Výměna nástroje	-		4	4
Fréza Ø100	F4048.B32.100.Z06.10	448		315
Fréza Ø100	R210-100Q32-14M		133	
Fréza Ø80	F4048.B27.080.Z05.10	68		58
Fréza Ø86	R210-086C8-14H		10	
Soustruž. nůž	PCLNR 4040P19	295		85
Soustruž. nůž	PSBNR 4040S19		210	
Celkem		827	365	470

Z přehledu je patrné, že největší časová úspora je při zavedení frézy Sandvik R210-100Q32-14M. Dochází zde ke snížení o 315 min. Další velkou časovou úsporou je zavedení nového soustružnické nože. Touto změnou je možné snížit čas o 85 min (1,5 hod). Ve skutečnosti všechny navrhované změny jsou schopny snížit čas opracování o 470 min, což je necelých 8 hod.

5.2 Ekonomické zhodnocení

Při návrhu potřebného nářadí pro jednotlivé operace se přihlíží na hledisko použitelnosti a efektivity. Na základě těchto ukazatelů se rozlišuje nářadí normální a speciální. Normální nářadí je získáno především nákupem od dodavatelů, načež nářadí speciální je konstruováno a zhotoveno na objednávku.

Pro navržení speciálního nářadí platí především zásada rentabilnosti, ovšem tuto zásadu lze použít i u normálního nářadí.

Pro ekonomické zhodnocení byly použity ceny nástrojů, režie strojů, ve kterých jsou již zahrnuty náklady na energie a náklady na mzdy. V neposlední řadě je zde uvedena prodejní cena, která na závěr bude hlavním srovnávacím prostředkem.

Celkové náklady vynaložené na nákup nového nářadí:

Fréza	R210-100Q32-14M	12 366,- Kč
Fréza	R210-086C8-14H	12 780,- Kč
Vrták	880-D5800L50-04	11 718,- Kč
Nůž	PSBNR 4040S19	2 200,- Kč
Celkem		39 064,- Kč

Celkový čas nutný k opracování jednoho kusu:

v současnosti	T_{Cs}	1 950 min
po návrhu	T_{Cn}	1 480 min

Režie strojů:

Obráběcí centrum Trevisan DS900	3 000,- Kč/hod
Soustruh SUA150	1 000,- Kč/hod

Režie strojů v sobě nesou veškeré energie i mzdy dělníků.

Penetrační zkouška	600,- Kč/hod
Kontrolní pracoviště	600,- Kč/hod
Ruční pracoviště	900,- Kč/hod

Prodejní cena výrobku:

71 500,-Kč/ks

Náklady na výrobu 1 ks jsou stanoveny na základě dílčích výpočtů nákladů na jednotlivých pracovištích v současnosti. Následně jsou dílčí výpočty sečteny, přičemž výsledkem je celková nákladová cena současné výroby. Stejným způsobem se stanoví i dílčí náklady daných pracovišť po návrhu optimalizace.

a) současná výroba

$$N_{vSi} = \frac{T_{Si}}{60} \cdot R_{Si} \quad (12)$$

kde: N_{vSi} ... náklady výroby v současnosti na i-tém stroji [Kč]
 T_{Si} ... celkový skutečný čas výroby na i-tém pracovišti [min]
 R_{Si} ... režijní sazba na i-tém stroji [Kč/hod]

Na základě vypočtených dílčích nákladů se stanoví náklady na výrobu celkové a to pomocí vzorce (13):

$$N_{vSc} = \sum_{i=1}^n N_{vSi} \quad (13)$$

kde:

N_{vSc} ... celkové náklady výroby v současnosti [Kč]

b) navrhovaná výroba

$$N_{vNi} = \frac{T_{CS}}{60} \cdot R_{Si} \quad (14)$$

kde: N_{vNi} ... náklady navrhované výroby na i-tém stroji [Kč]
 T_{Si} ... celkový navržený čas výroby na i-tém pracovišti [min]
 R_{Si} ... režijní sazba na i-tém stroji [Kč]

Při použití vzorce (15) se stanoví celkové náklady na výrobu po navržené optimalizaci:

$$N_{vNc} = \sum_{i=1}^n N_{vNi}$$

kde:

N_{vNc} ... celkové náklady výroby v současnosti na stroji [Kč]

Výpočet:

a) současná výroba

$$N_{VS1} = \frac{T_{S1}}{60} \cdot R_{S1} = \frac{1\,410}{60} \cdot 3\,000 = 70\,500 \text{ Kč}$$

$$N_{VS2} = \frac{T_{S2}}{60} \cdot R_{S2} = \frac{330}{60} \cdot 1\,000 = 5\,500 \text{ Kč}$$

$$N_{VS3} = \frac{T_{S3}}{60} \cdot R_{S3} = \frac{60}{60} \cdot 600 = 600 \text{ Kč}$$

$$N_{VS4} = \frac{T_{S4}}{60} \cdot R_{S4} = \frac{90}{60} \cdot 600 = 900 \text{ Kč}$$

$$N_{VS5} = \frac{T_{S5}}{60} \cdot R_{S5} = \frac{60}{60} \cdot 600 = 600 \text{ Kč}$$

Celkové současné náklady

$$N_{VSc} = \sum_{i=1}^5 N_{Si} = 70\,500 + 5\,500 + 600 + 900 + 600 = \underline{\underline{76\,683 \text{ Kč}}}$$

Z výpočtu je zřejmé, že současná výroba Plugu 36“ je prodělečná o více jak 5 000 Kč na kus.

b) navrhovaná výroba

$$N_{VN1} = \frac{T_{S1}}{60} \cdot R_{S1} = \frac{1\,025}{60} \cdot 3\,000 = 51\,250 \text{ Kč}$$

$$N_{VN2} = \frac{T_{S2}}{60} \cdot R_{S2} = \frac{245}{60} \cdot 1\,000 = 4\,083 \text{ Kč}$$

$$N_{VN3} = \frac{T_{S3}}{60} \cdot R_{S3} = \frac{60}{60} \cdot 600 = 600 \text{ Kč}$$

$$N_{VN4} = \frac{T_{S4}}{60} \cdot R_{S4} = \frac{90}{60} \cdot 600 = 900 \text{ Kč}$$

$$N_{VN5} = \frac{T_{S5}}{60} \cdot R_{S5} = \frac{60}{60} \cdot 600 = 600 \text{ Kč}$$

Celkové současné náklady

$$N_{VNC} = \sum_{i=1}^5 N_{Si} = 51\,250 + 4\,083 + 600 + 900 + 600 = \underline{\underline{57\,433 \text{ Kč}}}$$

Optimalizací se docílí nákladů na výrobu ve výši 57 433 Kč. Oproti prodejní ceně se docílí zisku ve výši 14 067 Kč.

Rentabilitnost

a) současná výroba

$$R_S = \frac{N_{PR}}{N_{VSc}} \cdot 100 \quad (15)$$

kde:

R_S ... rentabilitnost současné výroby [%]

N_{PR} ... prodejní cena obrobku [Kč]

N_{VSc} ... celkové náklady výroby v současnosti [Kč]

b) navrhovaná výroba

$$R_N = \frac{N_{PR}}{N_{VNc}} \cdot 100 \quad (16)$$

kde:

R_N ... rentabilitnost navrhované výroby [%]

N_{VNc} ... celkové náklady navrhované výroby [Kč]

Výpočet rentabilitnosti:

a) současná výroba

$$R_S = \frac{N_{PR}}{N_{VSc}} \cdot 100$$

$$R_S = \frac{71\,500}{76\,683} \cdot 100 = 93,2 \%$$

b) navrhovaná výroba

$$R_N = \frac{N_{PR}}{N_{VSc}} \cdot 100$$

$$R_N = \frac{71\,500}{57\,433} \cdot 100 = 124,5 \%$$

Z výpočtu vyplývá, že výnosnost činní 31,3 %. Pakliže se vezme v úvahu, že nakoupené nářadí je dále možno využít i u jiných zakázek, na jiných strojích je zcela zřejmé, že se náklady vynaložené s nákupem vrátí.

Na základě zjištěných skutečností je ještě zapotřebí stanovit minimální množství obrobků, které je nutné novým nářadím obrobit. Tím pádem bude zřejmé, kdy bude docílena návratnost investice.

$$Q_{\min} = \frac{N_{\text{nář}}}{N_{\text{VSc}} - N_{\text{VNc}}} \quad (17)$$

kde:

Q_{\min}	... minimální počet kusů	[ks]
$N_{\text{nář}}$... náklady vynaložené na nákup nového nářadí	[Kč]
N_{VSc}	... celkové náklady výroby v současnosti	[Kč]
N_{VNc}	... celkové náklady navrhované výroby	[Kč]

Výpočet:

$$Q_{\min} = \frac{N_{\text{nář}}}{N_{\text{VSc}} - N_{\text{VNc}}}$$

$$Q_{\min} = \frac{39\,064}{76\,683 - 57\,433} = \underline{\underline{2 \text{ ks}}}$$

Při navrhování nového nářadí je třeba se přesvědčit, zda není možné k výrobě použít stávající nářadí, případně jej upravit. Při výrobě Plugu 36“ bylo k tomuto hledisku přihlédnuto, ovšem ve stávajícím nástrojovém vybavení společnosti nebylo možné použít jiného nářadí, než zakoupit nové. Z výpočtů je zřejmé, přistoupí-li se k nákupu nových nástrojů, tak jak jsou zde navrhovány, tak minimálně po obrobení 2 ks, bude veškerá investice navráćena. Jsou to pouze teoretické propočty, jelikož zde nejsou započteny náklady na náhradní díly (šroubky, podložky, atd.), vyměnitelné destičky, případně náklady spojené s opravami kusů atd. Tyto aspekty jsou velmi těžce posuzovatelné, jelikož s každým novým odlitkem jsou spojené jiné vedlejší náklady.

Navržená varianta spojená s novým nářadím byla ve společnosti schválena.

6. Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na optimalizaci výrobního procesu výroby armatur. Na začátku práce bylo možné se seznámit s profilem společnosti a jejím výrobním programem. Na základě zjištěných druhů obráběných armatur, příp. jejich komponentů, byla vybrána typová zakázka. Rozborem výrobního programu se zjistila opakovatelnost zakázek a jejich finanční přínos do společnosti. Vybraná zakázka je vhodným představitelem a to nejen z důvodu finančního, ale i objemového.

Pro typového představitele byl vypracován pracovní snímek, který byl sledován po celou dobu výroby jednoho kusu z typové zakázky. Sledoval se čas práce, včetně přestávek a také čas tzv. ztrátový. Tímto časem se zjistila doba, kterou pracovník stráví činnostmi, které přímo nesouvisí s obráběním. Dále je zde vypočítána pracnost operace, čímž se objasní, jaká je časová náročnost jednotlivých operací. Následně je uveden technologický postup, na jehož základě je zřejmé jak se postupuje při opracování typové zakázky.

Další část diplomové práce byla zaměřena na vlastní návrh optimalizace výrobního procesu výroby armatur. Zde bylo navrženo řešení, které zpočátku spočívalo ve stanovení celkového procenta možného zvýšení produktivity práce. Jelikož vypočtená hodnota dosahovala pouhých deseti procent, bylo navrženo další řešení. Toto řešení spočívalo v optimalizaci technologie výroby, kde hlavní podnět byl ve změně nástrojů. Hlavní důvod spočíval v tom, že navržené nástroje jsou svými obráběcími parametry schopny výrobu výrazně urychlit. Na základě návrhu řešení došlo i ke změně v technologickém postupu. Hlavní důvod tohoto kroku byl ve vrtání průměru. Jelikož stávající technologie počítala s předvrtáním, následným zvětšením průměru frézováním a konečným dovrtáním, navržený způsob je schopen díru vyvrtat najednou, čímž operaci mnohem více zefektivní. Navrženou změnou se zvýší produktivita obrábění až o 31%. S návrhem je spojena investice do nových obráběcích nástrojů, která bude mít dle ekonomického propočtu rychlou návratnost.

Poslední kapitola byla zaměřena na výběr optimální varianty procesu výroby armatur. Jelikož jedinou a společností schválenou variantou byla změna v technologii obrábění, byl výběr jednoznačný. Na základě zkrácení času opracování bylo možné stanovit i ekonomické vyhodnocení, které spočívalo v rozebrání současného a navrhovaného

způsobu opracování. Novou technologií výrobního procesu je možné docílit zvýšení zisku oproti prodejní ceně, přičemž současný způsob obrábění je ve výsledku ekonomického hodnocení v záporných číslech. Pakliže společnost investuje do nového nástrojového vybavení, vynaložená investice bude rentabilní již při obrobení dvou kusů typového představitele.

Použitá literatura a zdroje

- [1] ZELENKA, A., KRÁL, M. Projektování výrobních systémů. 1. vydání. Praha: ČVUT Praha, 1995. 365 s. ISBN 80-01-01302-2.
- [2] ZEMČÍK, O. Technologické procesy. [PDF]. Brno, 2002, Učební text. Vysoké učení technické v Brně.
Dostupné z <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf>
- [3] Nedestruktivní kontrola. [online]. 2015 Dostupné z www.NDT.cz
- [4] ZELENKA, A., KRÁL, M., VIGNER, M. Metodika projektování výrobních procesů. 1. vydání. Praha: SNTL Praha, 1984. 592 s.
- [5] HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. 3. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- [6] SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vydání. Ostrava: VŠB – TU Ostrava 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
- [7] SLAMKOVÁ, E. a kol. Priemyslové inžinierstvo. 1. vydání. Žilina: Žilinská univerzita, 1997, 198 s.
- [8] KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETA, B., MATUSZEK, J. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. 1. vydání. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 398 s. ISBN 80-7100-553-3.
- [9] SCHINDLEROVÁ, V. Týmová cvičení předmětu projektování výrobních procesů. Ostrava: Vysoká škola báňská- Technická univerzita, 2004. 58 s. ISBN 978-80-248-2779-7.
- [10] Tvorba výrobního postupu. [online]. 2015. Dostupné z http://utopm.fsid.cvut.cz/podklady/TE2/navod_vp.pdf
- [11] ASTM – American Society for Testing and Materials . [online]. 2015. Dostupné z <http://www.goodwinsteellcastings.com/downloads/gsc-astm-standard-materials.pdf>

Seznam obrázků

Obr. 1 Obráběcí centrum Trevisan DS 600/200C.....	12
Obr. 2 Soustruh SUA 150 NUMERIC.....	13
Obr. 3 Soustruh VBM 30.32.....	14
Obr. 4 Vybraný typový představitel Plug 36“	21
Obr. 5 Postup nedestruktivní kapilární zkoušky	31
Obr. 6 Fréza CoroMill 210	40
Obr. 7 Úhel nastavení	41
Obr. 8 Vyměnitelná břitová destička s vyobrazeným poloměrem rohu	41
Obr. 9 Rozdíl mezi původním způsobem obrábění a navrženým způsobem obrábění.....	43

Seznam grafů

Graf č.1 Bilance skutečné spotřeby času	24
Graf č. 2 Bilance skutečné spotřeby času	26

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Opakující se zakázky v roce 2014	20
Tabulka č. 2 Příklad vyhodnocení snímku pracovního dne.....	24
Tabulka č. 3 Příklad vyhodnocení snímku pracovního týdne.....	25
Tabulka č. 4 Pracnost operace	27
Tabulka č. 5 Přehled nástrojů a jejich parametrů při obrábění na DS900	30
Tabulka č. 6 Přehled nástrojů a jejich parametry při obrábění na SUA150	30
Tabulka č. 7 Vyhodnocení snímku pracovního týdne	35
Tabulka č. 8 Stanovení velikosti ukazatele.....	36
Tabulka č. 9 Přehled navržených nástrojů a jejich parametrů při obrábění na DS900	42
Tabulka č. 10 Přehled navržených nástrojů a jejich parametrů při obrábění na SUA150 ..	43
Tabulka č. 11 Nová pracnost operace	44

Seznam příloh

Příloha 1	Schéma výrobního procesu.....	1
Příloha 2	Pozorovací list – snímek pracovního dne (středa).....	2
Příloha 3	Vyhodnocení pozorovacího listu – snímek pracovního dne (středa)	3
Příloha 4	Vyhodnocení pozorovacího listu – ukazatele (středa).....	4
Příloha 5	Pozorovací list – snímek pracovního dne (čtvrtek)	5
Příloha 6	Vyhodnocení pozorovacího listu – snímek pracovního dne (čtvrtek).....	7
Příloha 7	Vyhodnocení pozorovacího listu – ukazatele (čtvrtek)	8
Příloha 8	Pozorovací list – snímek pracovního dne (pátek).....	9
Příloha 9	Vyhodnocení pozorovacího listu – snímek pracovního dne (pátek)	10
Příloha 10	Vyhodnocení pozorovacího listu – ukazatele (pátek).....	11
Příloha 11	Vyhodnocení – snímek pracovního týdne	12
Příloha 12	Vyhodnocení ukazatelů – snímek pracovního týdne	13

Přiložená příloha

Výkres součásti

Schéma výrobní haly